

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-167936

(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

H01L 41/09

H03H 9/25

(21)Application number : 08-179551

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.07.1996

(72)Inventor : UEDA MASANORI  
 KAWAUCHI OSAMU  
 ENDO TAKESHI  
 IGATA OSAMU  
 HASHIMOTO KIYONARI  
 YAMAGUCHI MASATSUNE

(30)Priority

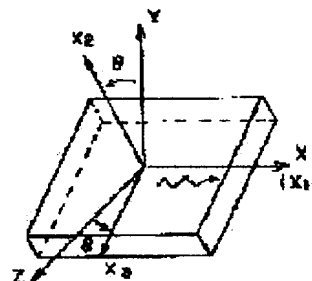
Priority number : 07265466 Priority date : 13.10.1995 Priority country : JP

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the minimum loss, the broad band and the squareness ratio by selecting a piezoelectric single crystal substrate sliced at an optimum cut angle with respect to an electrode film thickness.

SOLUTION: For example, a piezoelectric single crystal having crystal axes X, Y, Z like an LiTaO<sub>3</sub> is sliced around the axis X at a rotation angle  $\theta$  tilted from the Y axis in a direction of the Z axis as a substrate. When the angle  $\theta$  is selected higher than a conventional angle of 36°, the surface acoustic wave device with a high Q in which the attenuation in the surface acoustic wave is less for a GHz frequency band is obtained. Furthermore, since the position of the filter pass band is shifted toward lower frequencies with respect to a conventional spurious peak attended with the applied mass effect to electrodes at high frequencies, the spurious peak is located at the outside of the filter pass band in the device formed on the substrate with a higher angle  $\theta$ . Furthermore, the squareness ratio of the pass band characteristic is changed with the angle  $\theta$  and especially, the higher angle  $\theta$  is used for a GHz band than a conventional angle to provide excellent pass band width and squareness ratio to the substrate.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.02.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of]

rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-167936

(43) 公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 9/145		7259-5 J	H 0 3 H 9/145	C
H 0 1 L 41/09		7259-5 J	9/25	C
H 0 3 H 9/25			H 0 1 L 41/08	C

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-179551

(22) 出願日 平成8年(1996)7月9日

(31) 優先権主張番号 特願平7-265466

(32) 優先日 平7(1995)10月13日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 上田 政則

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 川内 治

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

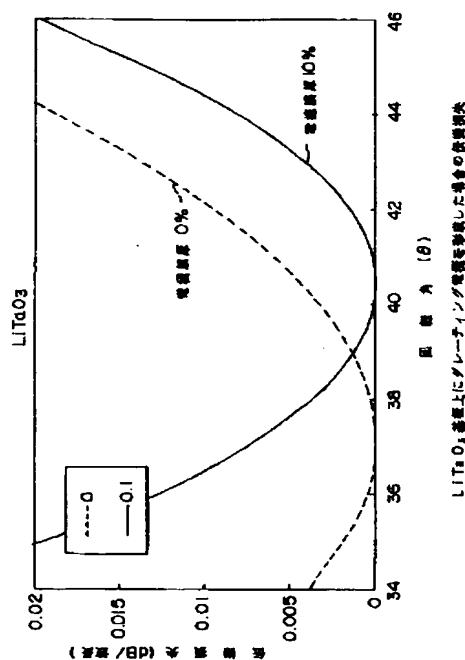
(54) 【発明の名称】 弾性表面波装置

(57) 【要約】

【課題】 電極の付加質量効果が顕著になる高周波領域において、広い帯域幅を有し、角形比の優れた弾性表面波装置を提供することを目的とする。

【解決手段】  $\text{LiTaO}_3$  あるいは  $\text{LiNbO}_3$  の  $\theta$  回転 Y-X 基板のカット角を、基板表面に形成された電極の付加質量に対して、従来よりも高角度側に最適化する。

本発明の原理を説明する別の図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、

前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03～0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38～46°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置。

【請求項2】 前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に40～46°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波装置。

【請求項3】 前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.07～0.15の範囲の厚さを有することを特徴とする請求項1または2記載の弾性表面波装置。

【請求項4】 前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.05～0.10の範囲の厚さを有し、前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に40～44°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項5】 前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に42°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波装置。

【請求項6】 前記電極パターンは、A1よりなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項7】 前記電極パターンは、A1-Cu合金よりなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項8】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を形成することを特徴とする請求項1～7のうちいずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項9】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、

前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03～0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38～46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項10】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1の櫛形電極と第2の櫛形電極とを含み、前記第1および

第2の櫛形電極はそれぞれ入力端子および出力端子に接続され、さらに前記第1および第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において、前記弾性表面波の伝搬経路の少なくとも1/2以上を覆うことを特徴とする請求項9記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項11】 前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記出力端子に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなることを特徴とする請求項10記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項12】 前記第1あるいは第2の櫛形電極は複数個設けられ、前記複数の第1の櫛形電極と前記複数の第2の櫛形電極とは、前記圧電基板表面上に、前記弾性表面波の伝搬経路に沿って交互に配設されることを特徴とする請求項10または11記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項13】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に形成された第1の櫛形電極と第2の櫛形電極とを含み、

前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、

前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第2の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなることを特徴とする請求項9記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項14】 前記電極パターンは、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極と；前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりな

る第4の櫛形電極を含むことを特徴とする請求項13記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項15】 前記電極パターンは、さらに前記圧電基板表面上において共通に前記入力端子に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極を含み、前記第3の櫛形電極は、前記第2の櫛形電極に隣接して形成されていることを特徴とする請求項11記載の弾性表面波フィルタ。

【請求項16】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、  
前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03～0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38～46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1～第5の櫛形電極を含み；前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、  
前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなり；前記第3の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第1の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極とよりなり；前記第4の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりなる第4の櫛形電極とよりなり、  
前記第5の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第9の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第9の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第10の電極指群とよりなる第5の櫛形電極よりなることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項17】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波共振器において、

前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03～0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板はLiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38～46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上において共通に第1の端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、第2の別の端子に互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなる櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波共振器。

【請求項18】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、

前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03～0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38～46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波遅延線。

【請求項19】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、

前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.04～0.12の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に66～74°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置。

【請求項20】 前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に68～72°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項20記載の弾性表面波装置。

【請求項21】 前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.05～0.10の範囲厚さを有することを特徴とする請求項19または20記載の弾性表面波装置。

【請求項22】 前記電極パターンはA1よりなることを特徴とする請求項19～21のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項23】 前記電極パターンはAl-Cu合金よりなることを特徴とする請求項19～21のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項24】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を用いたラダー型フィルタを形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項25】 前記電極パターンは、前記圧電基板表

面上に、共振器を形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項基台の弾性表面波装置。

【請求項26】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を用いた格子型フィルタを形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項27】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の入力用楕形電極と、複数の出力用楕形電極から構成されるI I D T型フィルタを形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項28】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、遅延線を形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項29】 前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、多重モードフィルタを形成することを特徴とする請求項19～23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置。

【請求項30】 圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.04～0.12の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に66～74°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1～第5の楕形電極を含み；前記第1の楕形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の楕形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなり；前記第3の電極パターンは、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第1の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の楕形電極とよりなり；前記第4の電極パターンは、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりなる第4の楕形電極とより

なり、

前記第5の電極パターンは、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第9の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第9の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第10の電極指群とよりなる第5の楕形電極よりなることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に弾性表面波装置に関し、特にGHz帯域を含む高周波帯域において優れた通過帯域特性を有する弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】弾性表面波装置は、携帯電話等の小型・軽量かつ非常に高い周波数帯域で動作する無線通信装置の高周波回路において、フィルタあるいは共振器として広く使われている。かかる弾性表面波装置は一般に圧電単結晶あるいは多結晶基板上に形成されるが、電気機械結合係数 $k^2$ が大きく、従って表面波の励振効率が高く、また高周波帯域において表面波の伝搬損失が小さい基板材料として、特にLiNbO<sub>3</sub>単結晶の64°回転Yカット板において表面波の伝搬方向をX方向とした64°Y-X LiNbO<sub>3</sub>基板(K. Yamanouti and K. Shibayama, J. Appl. Phys. vol.43, no.3, March 1972, p.856)あるいはLiTaO<sub>3</sub>単結晶の36°回転Yカット板において表面波の伝搬方向をX方向として36°Y-X LiTaO<sub>3</sub>基板が広く使われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらのカット角は、圧電結晶基板上に形成された電極の付加質量効果が無視できる場合に最適となるものであり、数百MHz以下の低周波帯域では励起される弾性表面波の波長が長い場合有効であっても、最近の携帯電話等で必要とされているGHz帯域近傍での動作においては、電極の厚さが励起される弾性波波長に対して無視できなくなり、必ずしも最適とはならない。このような高周波帯域での動作では、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。

【0004】このような非常に短波長域の動作においては、圧電基板の電極の厚さを増加させ、見かけ上の電気機械結合係数を増大させることにより、弾性表面波フィルタの通過帯域幅あるいは弾性表面波共振器の容量比 $Q$ を小さくすることが可能であるが、このような構成では電極から基板内部に向かって放射されるバルク波が増大し、表面波の伝搬損失が増大してしまう問題が生じる。かかるバルク波をSSBW (surface skimming bulk wave) と称し、またかかるSSBWを伴う表面波をLSAW (Leaky surface acoustic wave) と称する。厚い電極膜を使った弾性表面波フィルタにおけるLSAWの伝搬損失については、36°Y-X LiTaO<sub>3</sub> および6

4° Y-X LiNbO<sub>3</sub> 基板について、Plessky他、あるいは Edmonson 他により解析がなされている (V. S. Plessky and C. S. Hartmann, Proc. 1993 IEEE Ultrasonics Symp., pp. 1239 - 1242; P. J. Edmonson and C. K. Campbell, Proc. 1994 IEEE Ultrasonic Symp., pp. 75 - 79)。

【0005】ところで、このような従来の36° Y-X LiTaO<sub>3</sub> あるいは64° Y-X LiNbO<sub>3</sub> 等の、LSAWを使う従来の弾性表面波フィルタでは、電極膜厚が薄い場合、表面波の音速値とバルク波の音速値とが接近し、その結果フィルタの通過帯域内にバルク波によるスプリアスピークが出現してしまう (M. Ueda et al., Proc. 1994 IEEE Ultrasonic Symp., pp. 143 - 146)。

【0006】図21は、上記 Ueda 他の文献による表面波フィルタにおいて、フィルタ通過帯域近傍に出現したバルク波によるスプリアスピーク A、B を示す。フィルタは36° Y-X LiTaO<sub>3</sub> 基板上に構成され、励振波長の3%に相当する0.49μmの厚さのAl-Cu合金よりなる櫛形電極を形成されている。

【0007】図21を参照するに、スプリアスピーク B は330MHz 近傍に形成された通過帯域外に生じているが、スプリアスピーク A は通過帯域内に生じており、その結果通過帯域特性にリップルが生じているのがわかる。弾性表面波フィルタでは、表面波の音速は電極の付加質量、すなわち膜厚に依存するのに対し、SSBWの音速は電極の膜厚に依存しないため、GHz 帯域のような高周波帯域での動作では、電極の膜厚が励振表面波波長に対して増加し、表面波の音速がバルク波に対して相対的に低下する。その結果、フィルタの通過帯域がスプリアスピークに対してシフトし、通過帯域特性が平坦化する。しかし、このように電極の膜厚が表面波波長に対して増大すると先にも説明したようにバルク放射によるLSAWの損失が増大してしまう。

【0008】また、特にGHz 帯のような非常に高周波帯域で動作する弾性表面波フィルタにおいては、櫛形電極の抵抗を減少させるためにも電極にある程度の膜厚を確保する必要があるが、そうすると先に説明した損失の増大および角形比の劣化の問題が避けられない。

【0009】そこで、本発明は、このような従来の問題を解決した、新規で有用な弾性表面波装置を提供することを概括的目的とする。本発明のより具体的な目的は、電極の膜厚に対して最適化されたカット角で切り出された圧電単結晶基板を有し、通過帯域を、バルク波に起因するスプリアスを回避して設定した弾性表面波装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記の課題を、請求項1に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面上に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、前記電極パターン

は、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03~0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub> 単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38~46°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置により、または請求項2に記載したように、前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub> 単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に40~46°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波装置により、または請求項3に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.07~0.15の範囲の厚さを有することを特徴とする請求項1または2記載の弾性表面波装置により、または請求項4に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.05~0.10の範囲の厚さを有し、前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub> 単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に40~44°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項5に記載したように、前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub> 単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に42°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波装置により、または請求項6に記載したように、前記電極パターンは、A1よりなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項7に記載したように前記電極パターンは、Al-Cu合金よりなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項8に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を形成することを特徴とする請求項1~7のうちいずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項9に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面上に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03~0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub> 単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38~46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波フィルタにより、または請求項10に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1の櫛形電極と第2の櫛形電極を含み、前記第1および第2の櫛形電極はそれぞれ入力端子および出力端子に接続され、さらに前記第1および第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において、前記弾性表面波の伝搬経路の少なくとも1/2以上を覆うことを特徴とする請求項9記載の弾性表面波フィルタにより、

または請求項11に記載したように、前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記出力端子に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなることを特徴とする請求項10記載の弾性表面波フィルタにより、または請求項12に記載したように、前記第1あるいは第2の櫛形電極は複数個設けられ、前記複数の第1の櫛形電極と前記複数の第2の櫛形電極とは、前記圧電基板表面上に、前記弾性表面波の伝搬経路に沿って交互に配設されることを特徴とする請求項10または11記載の弾性表面波フィルタにより、または請求項13に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に形成された第1の櫛形電極と第2の櫛形電極とを含み、前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第2の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなることを特徴とする請求項9記載の弾性表面波フィルタにより、または請求項14に記載したように、前記電極パターンは、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極と；前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりなる第4の櫛形電極を含むことを特徴とする請求項13記載の弾性表面波フィルタにより、または請求項15に記載したように、前記電極パターンは、さらに前記圧電基板表面上において共通に前記入力端子に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極を含み、前

記第3の櫛形電極は、前記第2の櫛形電極に隣接して形成されていることを特徴とする請求項11記載の弾性表面波フィルタにより、または請求項16に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03~0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38~46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1~第5の櫛形電極を含み；前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなり；前記第3の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第1の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極とよりなり；前記第4の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりなる第4の櫛形電極とよりなり、前記第5の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第9の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第9の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第10の電極指群とよりなる第5の櫛形電極よりなることを特徴とする弾性表面波フィルタにより、または請求項17に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波共振器において、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03~0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板はLiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38~46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上において共通に第1の端子に接続された複数の電極指よりな

る第1の電極指群と、第2の別の端子に互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなる櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波共振器により、または請求項18に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.03~0.15の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiTaO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に38~46°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、櫛形電極を含むことを特徴とする弾性表面波遅延線により、または請求項19に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波装置において、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.04~0.12の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に66~74°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする弾性表面波装置により、または請求項20に記載したように、前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に68~72°の範囲の角度で回転させた方位を有するものであることを特徴とする請求項20記載の弾性表面波装置により、または請求項21に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.05~0.10の範囲厚さを有することを特徴とする請求項19または20記載の弾性表面波装置により、または請求項22に記載したように、前記電極パターンはA1よりなることを特徴とする請求項19~21のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項23に記載したように、前記電極パターンはA1-Cu合金よりなることを特徴とする請求項19~21のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項24に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を用いたラダー型フィルタを形成することを特徴とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項25に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、共振器を形成することを特徴とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項26に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の共振器を用いた格子型フィルタを形成することを特徴とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項27に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、複数の入力用櫛形電極と、複数の出力用櫛形電極から構成されるIIDT型フィルタを形成することを特徴

とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項28に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、遅延線を形成することを特徴とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項29に記載したように、前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、多重モードフィルタを形成することを特徴とする請求項19~23のうち、いずれか一項記載の弾性表面波装置により、または請求項30に記載したように、圧電基板と、前記圧電基板表面に形成されたA1を主成分とする電極パターンとよりなる弾性表面波フィルタにおいて、前記電極パターンは、前記圧電基板上に励起される弾性表面波の波長の0.04~0.12の範囲の厚さを有し；前記圧電基板は、LiNbO<sub>3</sub>単結晶を、X軸を中心に、Y軸からZ軸方向に66~74°の範囲の角度で回転させた方位を有し；前記電極パターンは、前記圧電基板表面上に、弾性表面波の伝搬経路に沿って形成された第1~第5の櫛形電極を含み；前記第1の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に入力端子に接続された複数の電極指よりなる第1の電極指群と、互いに共通に接続され、前記第1の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第2の電極指群とよりなり、前記第2の櫛形電極は、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第3の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第3の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第4の電極指群とよりなり；前記第3の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第1の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第5の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第5の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第6の電極指群とよりなる第3の櫛形電極とよりなり；前記第4の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差し、共通に前記第2の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第7の電極指群と、互いに共通に出力端子に接続され、前記第7の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第8の電極指群とよりなる第4の櫛形電極とよりなり、前記第5の櫛形電極は、さらに、前記圧電基板表面上において前記弾性表面波の伝搬経路に交差するように形成され、共通に前記第4の電極指群に接続された複数の電極指よりなる第9の電極指群と、互いに共通に接地され、前記第9の電極指群の間に介在する複数の電極指よりなる第10の電極指群とよりなる第5の櫛形電極よりなることを特徴とする弾性表面波フィルタにより、解決する。以下、本発明の作用を、図1~3を参照しながら説明する。

【0011】図1は、圧電結晶基板の切り出し角を説明

する図である。図1は、例えば $\text{LiTaO}_3$ のような、結晶軸 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ を有する圧電単結晶を、結晶軸 $X$ の回りで $Y$ 軸から $Z$ 軸方向に回転角 $\theta$ だけ傾けた角度で切り出した状態を示す。このような圧電結晶基板を $\theta$ 回転 $Y-X$ 基板と称する。

【0012】図2は $\text{LiTaO}_3$ 単結晶の $\theta$ 回転 $Y-X$ 基板上に形成された共振器の挿入損失を、様々な切り出し角ないし回転角 $\theta$ について示す。先にも説明したように、従来より $\text{LiTaO}_3$ 基板上に弾性表面波装置を形成する場合、 $36^\circ$   $Y-X$ 基板が、また $\text{LiNbO}_3$ 基板上に弾性表面波装置を形成する場合、 $64^\circ$   $Y-X$ 基板が一般的に使われているが、これは基板表面上に形成される電極の付加質量効果が無視できる比較的長波長の表面波に対する伝搬損失が、これらの回転角で最小となることによる。例えば、中村他、信学技報、US77-42参照。

【0013】図2中、黒丸で示した曲線は、 $\text{LiTaO}_3$ の $36^\circ$   $Y-X$ 基板表面に、膜厚がゼロの仮想的な電極を均一に形成した場合の $\text{LSAW}$ の伝搬損失を計算したもので、回転角 $\theta$ が $36^\circ$ の場合に伝搬損失が最小になることがわかる。ただし、この計算では、Kovacs 他により報告された結晶の定数を使った (G. Kovacs, et al., Proc. 1990 IEEE Ultrasonic Symp. pp.435 - 438)。

【0014】しかし、GHz帯域のような短波長領域では、先にも説明したように、電極の厚さが励起される表面波の波長に対して無視できなくなり、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。本発明の発明者は、かかる付加質量の効果により、図2の伝搬損失特性が矢印の方向に変化し、図2に白丸で示したように、最小の伝搬損失を与える回転角 $\theta$ が高角度側にずれることを見出した。ただし、図2中、白丸で示した曲線は、圧電基板上に様にA1電極を形成した場合で、しかも電極の膜厚が励起表面波の波長の10%の場合を示す。

【0015】さらに、図3に、 $\text{LiTaO}_3$ 基板上にA1よりなるグレーティング電極を形成した場合の伝搬損失と回転角 $\theta$ の関係を示す。ただし、図3中、破線は電極膜厚ゼロの場合を、また実線は電極膜厚が励起表面波波長の10%の場合を示す。明らかに、基板上に励起表面波の波長に対して有限な膜厚のグレーティングを形成した結果、伝搬損失が最小になる回転角が、高角度側にシフトしている。

【0016】すなわち、 $\text{LiTaO}_3$ 単結晶基板の回転角 $\theta$ を従来の $36^\circ$ よりも高角度に設定することにより、GHz帯域において表面波の減衰が少なく、Qが高い弾性表面波装置を形成することができる。また、このような高い周波数における電極の付加質量効果に伴い、図21に示すフィルタの通過帯域の位置がスプリアスピークA、Bに対して低周波側にシフトするため、このような回転角の大きい $\text{LiTaO}_3$ 基板上に形成した弾性

表面波装置では、スプリアスピークA、Bをフィルタの通過帯域から外すことが可能である。先にも説明したように、スプリアスピークA、Bはバルク波に起因するものであり、電極の付加質量の影響を受けない。

【0017】また、本発明では、通過帯域特性の角形比も回転角 $\theta$ により変化し、特にGHz帯域では、従来使われている回転角 $\theta$ よりも高い角度で切り出された $\text{LiTaO}_3$ 基板が優れた通過帯域幅および角形比を与えることが見出された。図4、5は、それぞれかかる $\text{LiTaO}_3$ 基板上に形成した弾性表面波フィルタの周波数温度特性および最小挿入損失の温度特性を示す。ただし、弾性表面波フィルタは、後で説明する図7の構成のものを、様々な回転角 $\theta$ の $\text{LiTaO}_3$ 基板上に、電極膜厚が励起される弾性表面波の波長の10%になるように形成した。

【0018】図4よりわかるように、フィルタは、基板の回転角、すなわちカット角 $\theta$ が $36^\circ$   $Y$ 、 $40^\circ$   $Y$ 、 $42^\circ$   $Y$ および $44^\circ$   $Y$ のいずれの場合にも、略同一の温度特性を示す。中心周波数が様々な変化しているのは、基板中の音速の違いと、試料作製条件のばらつきに起因するものであると考えられる。

【0019】また、図5よりわかるように、 $\text{LiTaO}_3$ 基板の回転角 $\theta$ を $40^\circ$   $Y \sim 44^\circ$   $Y$ の範囲に設定した場合、少なくとも通常温度範囲、すなわち $-35^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の範囲では、回転角 $\theta$ を従来の $36^\circ$   $Y$ に設定した場合よりも損失が減少する。特に、回転角 $\theta$ を $40^\circ$   $Y \sim 42^\circ$   $Y$ の範囲に設定した場合、最小挿入損失の変動幅も減少することがわかる。

【0020】また、図6は $\text{LiNbO}_3$ 単結晶の $\theta$ 回転 $Y-X$ 基板上に形成された共振器の挿入損失を、様々な切り出し角ないし回転角 $\theta$ について示す。図6中、破線で示した曲線は、 $\text{LiNbO}_3$ の $64^\circ$   $Y-X$ 基板表面に、膜厚がゼロの仮想的な電極を均一に形成した場合の $\text{LSAW}$ の伝搬損失を計算したもので、回転角 $\theta$ が $64^\circ$ の場合に伝搬損失が最小になることがわかる。ただし、この計算では、Warner他により報告された結晶の定数を使った (J. Acoust. Soc. Amer., 42, 1967, pp.1223 - 1231)。

【0021】しかし、GHz帯域のような短波長領域では、先にも説明したように、電極の厚さが励起される表面波の波長に対して無視できなくなり、電極の付加質量の効果が顕著に現れる。本発明の発明者は、かかる付加質量の効果により、図6の伝搬損失特性が矢印の方向に変化し、図2、3に実線で示したように、最小の伝搬損失を与える回転角 $\theta$ が高角度側にずれることを見出した。ただし、図2中、実線で示した曲線は、電極の膜厚が励起表面波の波長の3%の場合を示す。

【0022】すなわち、 $\text{LiNbO}_3$ 単結晶基板の回転角 $\theta$ を従来の $64^\circ$ よりも高角度に設定することにより、GHz帯域において表面波の減衰が少なく、Qが高

い弾性表面波装置を形成することができる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、好ましい実施例について詳細に説明する。図7(A)は、本発明の第1実施例によるラダー型弾性表面波フィルタの構成を示す平面図、図7(B)はその等価回路図である。

【0024】図7(A)を参照するに、弾性表面波フィルタは $\text{LiTaO}_3$  または $\text{LiNbO}_3$  単結晶の回転Y板上に形成され、入力側電極が入力端子INに接続された第1の櫛形電極 $R_1$  と、入力側電極が前記櫛形電極 $R_1$  の出力側電極に接続され、さらに出力側電極が出力端子OUTに接続された第2の櫛形電極 $R_1'$  と、入力側電極を櫛形電極 $R_1'$  の入力側電極に接続され、出力側電極を接地された第3の櫛形電極 $R_2$  と、入力側電極を櫛形電極 $R_1$  の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の櫛形電極 $R_2'$  と、入力側電極を櫛形電極 $R_1'$  の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の櫛形電極 $R_2''$  とを含む。

【0025】各々の櫛形電極 $R_1$  ,  $R_1'$  ,  $R_2$  ,  $R_2'$  ,  $R_2''$  において、入力側電極 $i$  は、通常の通り、X軸方向に伝搬する弾性表面波の経路と交差する第1の方向に互いに平行に延在する第1群の電極指を含み、また出力側電極 $o$  も、通常の通り、前記第1の方向とは反対の第2の方向に平行に延在する第2群の電極指を含み、第1群の電極指と第2群の電極指とは、交互に配設されている。さらに、各々の櫛形電極 $R_1$  ,  $R_1'$  ,  $R_2$  ,  $R_2'$  ,  $R_2''$  には、X軸方向上の両側に、複数の平行な電極指を両端で短絡させた構成の反射器 $R_1$  が形成されている。本実施例では、櫛形電極 $R_1$  ,  $R_1'$  ,  $R_2$  ,  $R_2'$  ,  $R_2''$  は $\text{Al}-1\% \text{Cu}$  合金より形成され、フィルタの通過帯域波長の10%に相当する約 $0.4 \mu\text{m}$ の厚さに形成されている。

【0026】図7(B)は図6(A)のフィルタの等価回路図を示す。図7(B)を参照するに、櫛形電極 $R_1$  および $R_1'$  は直列接続され、さらに櫛形電極 $R_2$  ,  $R_2'$  および $R_2''$  が並列接続されている。図8は図7(A) , (B)の弾性表面波フィルタについて実験的に得られた最小挿入損失を、 $\text{LiTaO}_3$  単結晶基板11の様々なカット角 $\theta$ について示す。最小挿入損失は、表面波の伝搬損失とフィルタの整合損失の双方の効果を含むが、基板のカット角 $\theta$ は整合損失には実質的に寄与しない。

【0027】図8を参照するに、最小挿入損失は基板のカット角が増大するにつれて減少し、 $42^\circ$  近辺のカット角において最小となることがわかる。カット角が $42^\circ$  を越えると最小挿入損失は再び増大する。従って、フィルタ挿入損失の観点からは、 $\text{LiTaO}_3$  基板11のカット角を $38^\circ$  から $46^\circ$  の範囲に設定することにより、フィルタの最小挿入損失を1.6 dB以内に抑えることができる。

【0028】本発明では、また $\text{LiTaO}_3$  単結晶基板のカット角は、弾性表面波フィルタの角形比にも影響することが見出された。図9(A)は角形比の定義を示す。図9(A)を参照するに、角形比は、通過帯域の最小挿入損失に対して1.5 dBの減衰を与える帯域幅 $BW_2$  と、20 dBの減衰を与える帯域幅 $BW_1$  とを使い、 $BW_1/BW_2$  により与えられる。角形比が大きい程フィルタはブロードになり、選択比が劣化すると同時に通過帯域は幅が減少する。すなわち、角形比は出来る限り1に近づくように弾性表面波フィルタを設計するのが望ましい。

【0029】図9(B)は、図7(A) , (B)の弾性表面波フィルタについて実験的に得られた角形比を、圧電基板11のカット角 $\theta$ の関数として示す。図9(B)よりわかるように、角形比はカット角 $\theta$ が増加するにつれて1に近づき、 $\theta = 42^\circ$  のカット角で最小値1.47に達する。一方、カット角が $42^\circ$  を越えて増大すると角形比も増大し、フィルタの選択性が劣化する。本発明による弾性表面波フィルタでは、最小挿入損失が1.6 dB以下、また角形比が1.55以下であることが望ましく、従って図9(B)より、 $\text{LiTaO}_3$  基板のカット角 $\theta$ としては、 $40^\circ \sim 46^\circ$  の範囲、特に $40^\circ \sim 44^\circ$  の範囲が好ましいことがわかる。特に、カット角 $\theta$ を $42^\circ$  に設定することにより、最小挿入損失を最小化でき、また角形比も最小化することができる。

【0030】図10は、図7(A) , (B)弾性表面波フィルタについて実験的に得られた通過帯域特性を示す。図10中、実線は $\text{LiTaO}_3$  の $42^\circ$  Y-X基板を基板11として使った場合を、また一点破線は同じ $\text{LiTaO}_3$  の $36^\circ$  Y-X基板を基板11として使った場合を示す。

【0031】図10を参照するに、通過帯域特性は880 MHzに中心周波数を有し、約40 MHzの平坦な通過帯域で特徴づけられる。通過帯域外では減衰は急増するが、 $42^\circ$  Y-X基板を使ったフィルタの方が、従来の $36^\circ$  Y-X基板を使ったものよりもより急峻な特性、従ってより優れた角形比を示すことがわかる。また、図10では、フィルタの通過帯域外にSSBWに起因するスプリアスピークA, Bが観測される。

【0032】図11は、 $\text{LiTaO}_3$  のY回転X板基板表面に、弾性表面波の波長に対する厚さが7%の電極を形成した場合の電気機械結合係数 $k^2$  を、様々なカット角 $\theta$ について計算した結果を示す。計算には、Kovacs他(前出)により報告された結晶定数を使った。

【0033】図11を参照するに、電気機械結合係数 $k^2$  はカット角の増大と共に減少する傾向を示すことがわかる。電気機械結合係数 $k^2$  は周知のように、圧電結晶中に圧電効果により蓄積されたエネルギーの割合を示す量であり、この値が小さいと通過帯域幅が減少したり、通過帯域内にリップルが生じたりする問題が生じる。図1

1より、カット角 $\theta$ はやはり $46^\circ$ 以下に設定するのが好ましいことがわかる。

【0034】図12は、図7(A)、(B)のフィルタにおいて、様々なカット角で形成された $\text{LiTaO}_3$ のY回転-X伝搬基板11上に形成された楕形電極の厚さを変化させた場合の伝搬損失を計算した結果を示す。図12の計算においても、先の計算と同様に、Kovacs 他の結晶定数を使った。

【0035】図12よりわかるように、カット角が $38^\circ$ 以下の場合、損失は電極厚の増大とともに指数関数的に単調に増加するが、カット角が $40^\circ$ を越えると損失が電極の厚さと共に減少を始め、特性曲線に極小点が現れるのがわかる。極小点を過ぎると損失は再び増大に転じる。特に、基板11のカット角を、先に説明した好ましい角度である $40^\circ$ から $46^\circ$ の範囲に設定した場合、このような極小点は、波長に対する電極の厚さが3%以上のところに出現する。換言すると、本実施例のフィルタにおいて、電極を、波長で規格化した厚さが3%以上になるように形成するのが好ましい。一方、電極の厚さが過大になると、電極のエッチングによるパターンングが困難になったり、基板中の音速が電極の膜厚により敏感に変化するようになるため、電極は、厚さが波長に対して15%以内になるように形成するのが好ましい。図12より、A1あるいはA1-1%Cu合金を使った電極の場合、電極の厚さが波長の15%を越えると、いずれのカット角においても伝搬損失が急増することがわかるが、これは電極からのバルク波の放射が優勢になることを示している。特にカット角が $40\sim46^\circ$ の範囲では、電極の厚さは0.07~0.15の範囲が、またカット角が $40$ から $44^\circ$ の範囲では、電極の厚さは0.05~0.10の範囲であるのが好ましい。

【0036】図13は、図7(A)、(B)のフィルタにおいて、様々なカット角で形成された $\text{LiNbO}_3$ のY回転-X板を基板11として使い、基板11上に形成された楕形電極の厚さを励起弾性表面波の波長に対して変化させた場合の伝搬損失を計算した結果を示す。ただし、図13の計算では、先のWarner 他の結晶定数を使っている。

【0037】図13よりわかるように、伝搬損失は、電極膜厚の増大とともにいったん極小値をとった後、指数関数的に増加するが、従来使われていた $64^\circ$ 以下の回転角では、波長に対する電極膜厚が3.5%以下のところで伝搬損失が極小になることがわかる。しかし、この場合、電極膜厚がさらに増大し、励起弾性表面波の波長の4%を超えると、伝搬損失は急激に増大してしまう。一方、基板のカット角を $66^\circ$ 以上に設定すると、伝搬損失は、電極膜厚が励起弾性表面波の4%以上、すなわち電極の付加質量効果が顕著になる条件下で極小になる。換言すると、波長で規格化した電極膜厚が4%以上になるような、電極膜厚が励起弾性表面波の波長に対し

て無視できない条件下では、 $\text{LiNbO}_3$ 基板のカット角を $66^\circ$ 以上に設定するのが望ましい。一方、電極の厚さが過大になると、電極のエッチングによるパターンングが困難になったり、基板中の音速が電極の膜厚により敏感に変化するようになるため、電極は、厚さが波長に対して12%以内になるように形成するのが好ましい。これに伴い、 $\text{LiNbO}_3$ 基板のカット角は $66^\circ$ から $74^\circ$ の範囲に設定するのが好ましい。

【0038】以上の各実施例において、電極組成はA1-1%Cuとしたが、純粋なA1でも同様な関係が成立する。また、 $\text{LiTaO}_3$ 基板上に電極を他の電極材料、例えばAuで形成する場合には、電極の厚さは波長の0.4~2.1%の範囲が、さらに $\text{LiNbO}_3$ 基板上にAuで電極を形成する場合には、電極の厚さは波長の0.5~1.7%の範囲に設定するのが好ましい。また、 $\text{LiTaO}_3$ 基板上にCuで電極を形成する場合には、波長の0.9~4.5%の範囲に設定するのが、さらに $\text{LiNbO}_3$ 基板上にCuで電極を形成する場合には、波長の1.2~3.6%の範囲に設定するのが好ましい。

【0039】図14(A)は、図7(A)の弾性表面波フィルタの一変形例を、また図14(B)はその等価回路図を示す。ただし、図14(A)、(B)中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。図14(A)を参照するに、弾性表面波フィルタは先の図7(A)の実施例と同様に、 $\text{LiTaO}_3$ または $\text{LiNbO}_3$ 単結晶の回転Y板上に形成され、入力側電極が入力端子INに接続された第1の楕形電極 $R_1$ と、入力側電極が前記楕形電極 $R_1$ の出力側電極に接続され、さらに出力側電極が出力端子OUTに接続された第2の楕形電極 $R_1'$ と、入力側電極を楕形電極 $R_1$ の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第3の楕形電極 $R_2'$ と、入力側電極を楕形電極 $R_1'$ の出力側電極に接続され、出力側電極を接地された第4の楕形電極 $R_2$ とを含む。

【0040】図14(B)を参照するに、楕形電極 $R_1$ および $R_1'$ は直列接続され、さらに楕形電極 $R_2$ および $R_2'$ が並列接続されている。ただし、楕形電極 $R_1$ 、 $R_1'$ 、 $R_2$ 、 $R_2'$ はそれぞれ振動子を形成し、楕形電極 $R_1'$ は $R_1$ の約1/2の容量を有する。一方、楕形電極 $R_2'$ は楕形電極 $R_2$ の約2倍の容量を有する。

【0041】このような構成の弾性表面波フィルタでも、基板に $\text{LiTaO}_3$ を使った場合、回転角 $\theta$ を $38^\circ$ 以上 $46^\circ$ 以下、より好ましくは $40^\circ$ 以上 $46^\circ$ 以下、最も好ましくは約 $42^\circ$ に設定することにより、また基板に $\text{LiNbO}_3$ を使った場合、回転角 $\theta$ を $66^\circ$ 以上 $74^\circ$ 以下、より好ましくは約 $68^\circ$ に設定することにより、基板上の電極の付加質量効果が顕著になるような周波数帯域で使った場合にも伝搬損失を最小化する

ことが可能になる。

【0042】ところで、本実施例は上記のラダー型弾性表面波フィルタに限定されるものではなく、他のタイプの弾性表面波フィルタ、共振器あるいは伝搬遅延線にも適用可能である。例えば、図14(A)、(B)のフィルタを変形して図15に示す格子型フィルタを形成することができる。

【0043】図16は本発明の第2実施例による、IIDT(interdigital-interdigitaltransducer)構成の弾性表面波フィルタ20を示す。図16を参照するに、IIDTフィルタ20は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 $\text{LiTaO}_3$ 基板11、あるいはカット角が $68\sim 72^\circ$ のY回転 $\text{LiNbO}_3$ 基板11上に形成され、 $\text{LiTaO}_3$ 基板を使った場合、励起弾性表面波波長の $3\sim 15\%$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使った場合励起弾性表面波の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極を形成されている。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0044】櫛形電極は、表面波の伝搬経路に沿って交互に配設された入力側櫛形電極 $R_{in}$ と出力側櫛形電極 $R_{out}$ とよりなり、各々の入力側櫛形電極 $R_{in}$ は、入力端子21に共通に接続され、前記表面波伝搬経路に交差する複数の互いに平行な第1群の電極指と、前記第1群の電極指の間に介在し相互に接続された第2群の電極指とよりなる。同様に、各々の出力側櫛形電極 $R_{out}$ は、出力端子22に共通に接続され、前記表面波伝搬経路に交差する複数の互いに平行な第1群の電極指と、前記第1群の電極指の間に介在し相互に接続された第2群の電極指とよりなり、前記出力側櫛形電極 $R_{out}$ の第1群の電極指は、前記入力側櫛形電極 $R_{in}$ の第1群の電極指と反対方向に延在する。従って、かかる櫛形電極では、表面波伝搬路の少なくとも $1/2$ が電極で覆われる。さらに、櫛形電極 $R_{in}$ および $R_{out}$ の列の、X方向上の両端には一対の反射器Rfが形成される。

【0045】かかる構成においても、図7(A)、

(B)の装置と同様に $\text{LiTaO}_3$ 単結晶のY回転X板において、カット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失を最小化し、角形比が向上した広い通過帯域特性を有するフィルタが得られる。

【0046】図17は、本発明の第3実施例による弾性表面波フィルタ30の構成を示す。図17を参照するに、弾性表面波フィルタ30は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 $\text{LiTaO}_3$ 板、またはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 $\text{LiNbO}_3$ 板よりなる基板上に形成され、 $\text{LiTaO}_3$ 基板を使った場合、波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極を形成されている。また、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使う場合には、櫛形電極の厚さは波長の $4\sim 12\%$ の範囲とされる。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起

された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0047】弾性表面波フィルタ30は、図11の装置の入力側櫛形電極 $R_{in}$ および出力側櫛形電極 $R_{out}$ と同様な構成の一対の櫛形電極を隣接して配設した構成を有し、さらにその外側に一対の反射器R1を配設している。かかる構成においても、図7(A)、(B)の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失を最小化し、角形比が向上した広い通過帯域特性を有するフィルタが得られる。

【0048】図18は、本発明の第4実施例による弾性表面波フィルタ40の構成を示す。図18を参照するに、弾性表面波共振器40は、先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 $\text{LiTaO}_3$ 板、あるいはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 $\text{LiNbO}_3$ 板よりなる基板11上に形成され、 $\text{LiTaO}_3$ 基板を使った場合には、波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極を形成されている。一方、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使った場合には、波長の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極を形成される。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0049】弾性表面波フィルタ40は、図16の装置の出力側櫛形電極と同様な構成の櫛形電極 $R_{out}$ 、およびその両側に配設された、図16の装置の出力側櫛形電極と同様な構成の櫛形電極 $R_{in}$ とを有し、さらにその外側に一対の反射器R1を配設している。その際、櫛形電極 $R_{in}$ は入力端子41に接続され、一方櫛形電極 $R_{out}$ は出力端子42に接続される。

【0050】かかる構成により、図7(A)、(B)の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。図19は、本発明の第5実施例による1ポート弾性表面波共振器50の構成を示す。

【0051】図19を参照するに、弾性表面波共振器50は先に説明したカット角が $38\sim 46^\circ$ のY回転 $\text{LiTaO}_3$ 板、あるいはカット角が $66\sim 74^\circ$ のY回転 $\text{LiNbO}_3$ 板よりなる基板11上に形成され、 $\text{LiTaO}_3$ を基板にを使った場合には、基板11上には波長の $3\sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成されている。一方、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使った場合には、基板11上には、波長の $4\sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成される。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。

【0052】弾性表面波共振器50は、前記基板上に形成された単一の櫛形電極Rと、その両側に配設された一対の反射器R1とより構成され、前記櫛形電極Rを構成する一の側の電極は第1の端子51に、また他の側の電極は第2の端子52に接続される。

【0053】かかる構成により、図7(A)、(B)の

装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。図20は、本発明の第6実施例による2ポート弾性表面波虚言う新規の構成を示す。

【0054】図20を参照するに、弾性表面波共振器60は先に説明したカット角が $38 \sim 46^\circ$ のY回転 $\text{LiTaO}_3$ 板、あるいはカット角が $66 \sim 74^\circ$ のY回転 $\text{LiNbO}_3$ 板よりなる基板11上に形成され、 $\text{LiTaO}_3$ を基板に使った場合には、基板11上には波長の $3 \sim 15\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成されている。一方、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使った場合には、基板11上には、波長の $4 \sim 12\%$ の範囲の厚さを有する櫛形電極が形成される。本実施例においても、表面波としてLSAWが励起され、励起された表面波はX軸方向に伝搬する。弾性表面波共振器60は、図16の装置の入力側櫛形電極 $R_{in}$ および出力側櫛形電極 $R_{out}$ と同様な構成の、それぞれ入力端子61および出力端子62に接続された一対の櫛形電極 $R_1$ 、 $R_2$ を有し、さらにその外側に一対の反射器R1を配設している。共振器60は、櫛形電極 $R_1$ の第1の電極指群に接続された第1の端子61と、櫛形電極 $R_2$ の第1の電極指群に接続された第2の端子62との間に電圧を印加することにより駆動される。なお、櫛形電極 $R_1$ の第2の電極指群および櫛形電極 $R_2$ の第2の電極指群は接地される。

【0055】かかる構成により、図7(A)、(B)の装置と同様に基板のカット角および電極の膜厚を最適化することにより、損失が最小で、高いQファクターを有する共振器が得られる。さらに本発明の弾性表面波装置は、先に説明した弾性表面波フィルタおよび弾性表面波共振器に限定されるものではなく、同様な構成を有する弾性表面波遅延線あるいは導波路にも有用である。

#### 【0056】

【発明の効果】請求項1～5記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiTaO}_3$ 基板のカット角を、基板表面に形成された電極の付加質量に対して最適化することにより、損失が最小で、広い帯域幅を有し、角形比の優れた弾性表面波装置が得られる。

【0057】請求項6、7記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiTaO}_3$ 基板表面に形成される電極をA1系材料より形成することにより、安価な材料を使って容易に電極をパターンニングすることが可能になる。請求項8～18記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiTaO}_3$ 基板のカット角を、基板表面に形成された電極の付加質量に対して最適化することにより、損失が最小で、広い帯域幅を有し、角形比の優れた、様々な構成を有する弾性表面波フィルタあるいは共振器を形成することができる。

【0058】請求項19～21記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiNbO}_3$ 基板のカット角を、基板表面に形成された電極の付加質量に対して最適化することにより、損失が最小で、広い帯域幅を有し、角形比の優れた弾性

表面波装置が得られる。請求項22、23記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiNbO}_3$ 基板表面に形成される電極をA1系材料より形成することにより、安価な材料を使って容易に電極をパターンニングすることが可能になる。

【0059】請求項24～30記載の本発明の特徴によれば、 $\text{LiNbO}_3$ 基板のカット角を、基板表面に形成された電極の付加質量に対して最適化することにより、損失が小さく、広い帯域幅を有し、角形比の優れた様々な弾性表面波装置を構成することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】圧電単結晶基板の切り出し角を説明する図である。

【図2】本発明の原理を説明する図である。

【図3】本発明の原理を説明する別の図である。

【図4】様々なカット角の $\text{LiTaO}_3$ 基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に中心周波数の温度依存性を示す図である。

【図5】様々なカット角の $\text{LiTaO}_3$ 基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に最小挿入損失の温度依存性を示す図である。

【図6】 $\text{LiNbO}_3$ 基板上に形成された弾性表面波フィルタの伝搬損失を、基板のカット角の関数として示す図である。

【図7】(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図である。

【図8】図7の弾性表面波フィルタの最小挿入損失とフィルタを構成する圧電基板のカット角との関係を説明する図である。

【図9】(A)はフィルタ通過帯域特性における角形比の定義を説明する図、(B)は角形比と基板カット角との関係を説明する図である。

【図10】図7(A)、(B)に示したフィルタの通過帯域特性を説明する図である。

【図11】図7(A)、(B)に示したフィルタにおける、 $\text{LiTaO}_3$ 基板を使った場合の基板カット角と電気機械結合係数との間の関係を説明する図である。

【図12】図7(A)、(B)に示したフィルタにおいて、 $\text{LiTaO}_3$ 基板を使った場合の伝搬損失に対する電極膜厚の効果を、様々な基板カット角について示す図である。

【図13】図7(A)、(B)に示したフィルタにおいて、 $\text{LiNbO}_3$ 基板を使った場合の伝搬損失に対する電極膜厚の効果を、様々な基板カット角について示す図である。

【図14】(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例の一変形例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図である。

【図15】図14の一変形例による弾性表面波フィルタ

の等価回路図である。

【図16】本発明の第2実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図である。

【図17】本発明の第3実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図である。

【図18】本発明の第4実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図である。

【図19】本発明の第5実施例による1ポート弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図20】本発明の第6実施例による2ポート弾性表面波共振器の構成を示す図である。

【図21】従来の弾性表面波装置の通過帯域特性の例を示す図である。

【符号の説明】

10, 20, 30, 40, 50, 60 弾性表面波フィルタ

11 圧電基板

21, 31, 41, 51, 61 入力端子

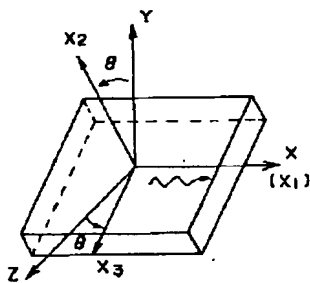
22, 32, 42, 52, 62 出力端子

$R_1$ ,  $R_1'$ ,  $R_2$ ,  $R_2'$  楕円電極

R1 反射器

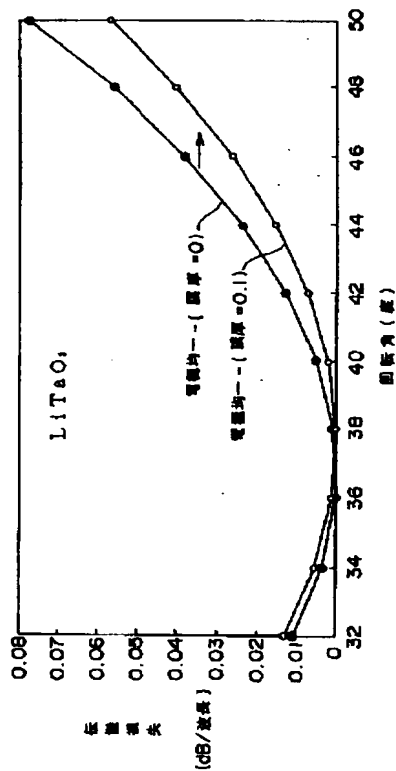
【図1】

圧電単晶基板の切り出し角を説明する図



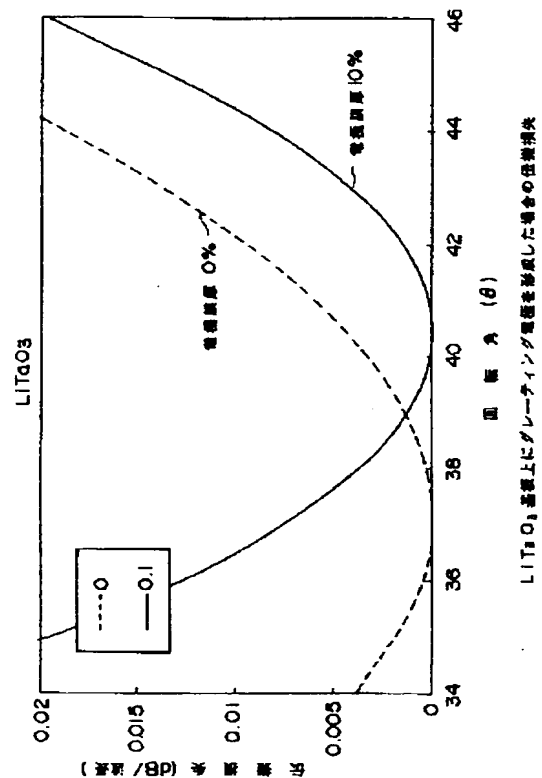
【図2】

本発明の原理を説明する図



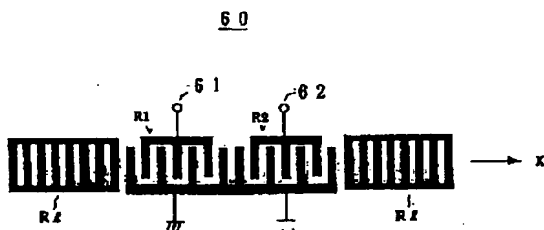
【図3】

本発明の原理を説明する別の図



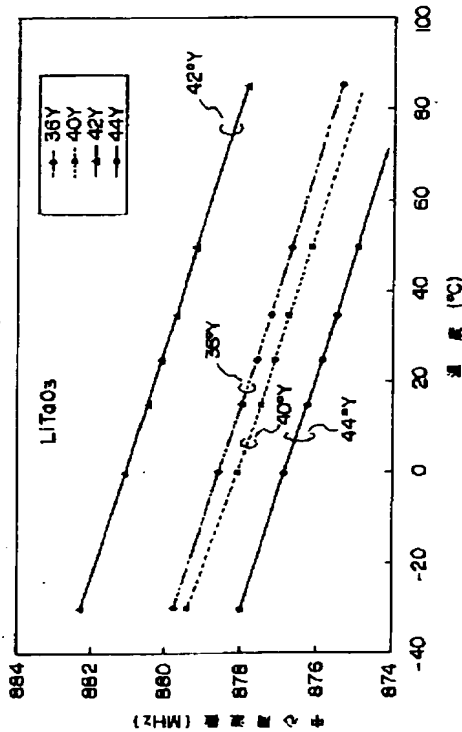
【図20】

本発明の第6実施例による2ポート弾性表面波共振器の構成を示す図



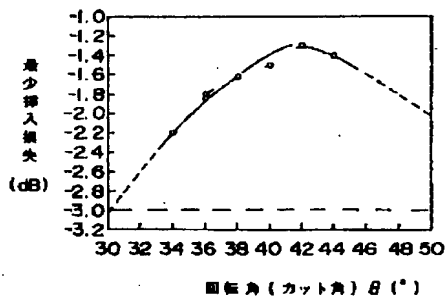
【図4】

様々なカット角のLiTaO<sub>3</sub>基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に中心周波数の温度依存性を示す図



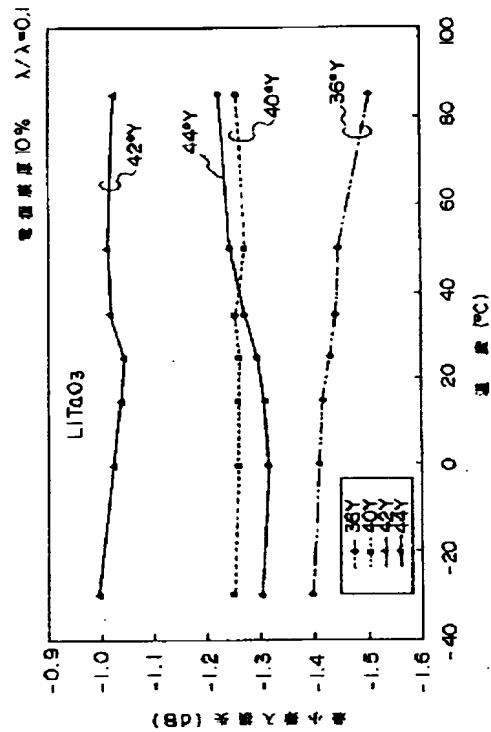
【図8】

図7の弾性表面波フィルタの最小挿入損失とフィルタを構成する圧電基板のカット角との関係を説明する図



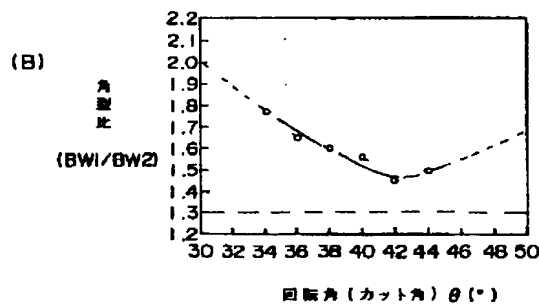
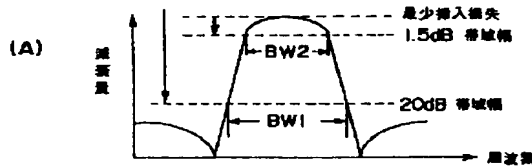
【図5】

様々なカット角のLiTaO<sub>3</sub>基板について、形成された弾性表面波フィルタの温度依存性、特に最小挿入損失の温度依存性を示す図



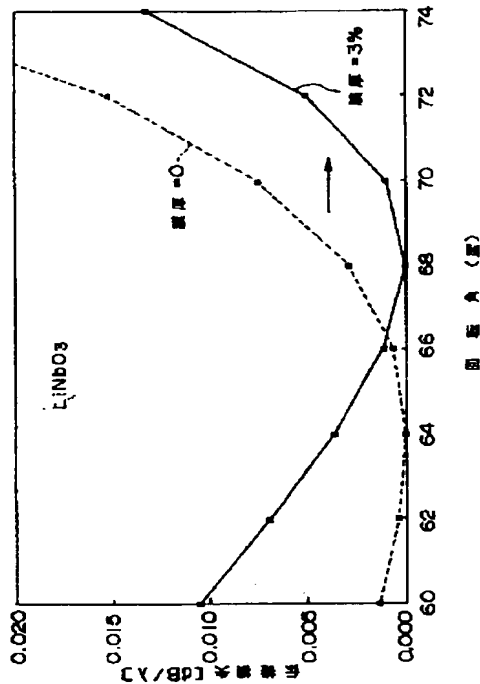
【図9】

(A) はフィルタ通過帯域特性における角形比の定義を説明する図、(B) は角形比と基板カット角との関係を説明する図



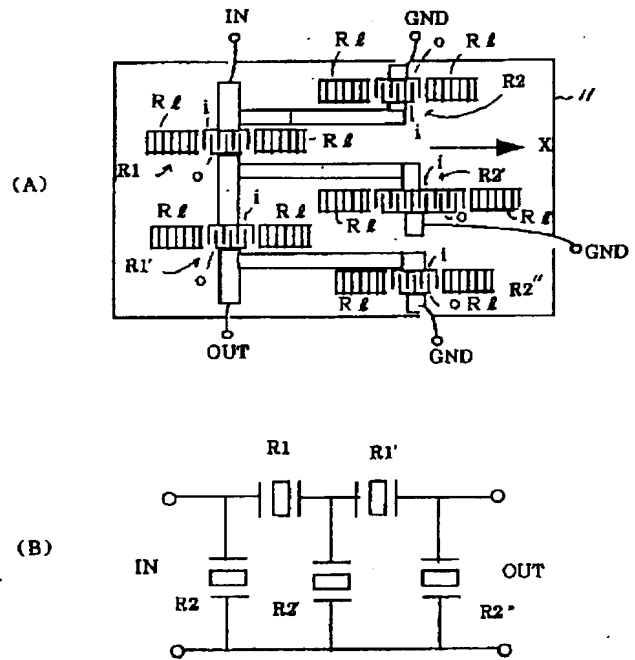
【図6】

LiNbO<sub>3</sub> 基板上に形成された弾性表面波フィルタの伝搬損失を、基板のカット角の関数として示す図



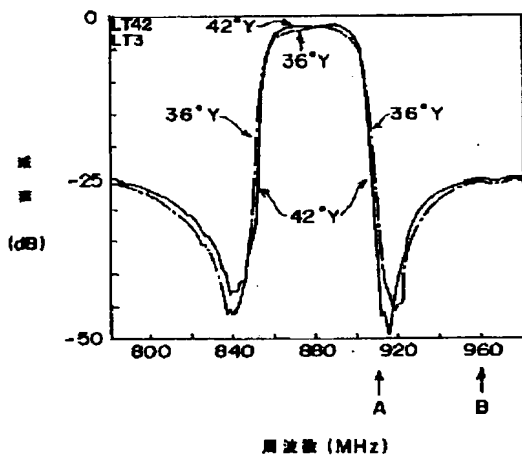
【図7】

(A), (B) は、それぞれ本発明の第1実施例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図



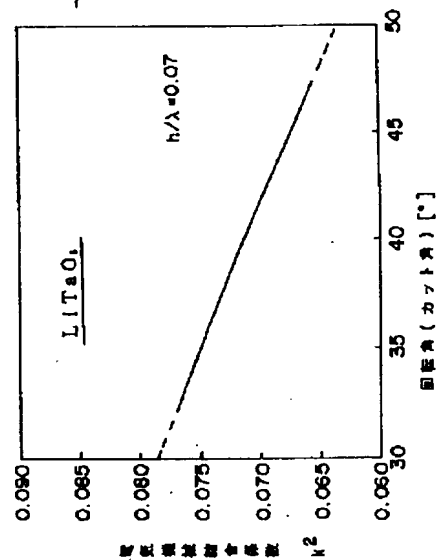
【図10】

図7 (A), (B) に示したフィルタの通過帯域特性を説明する図



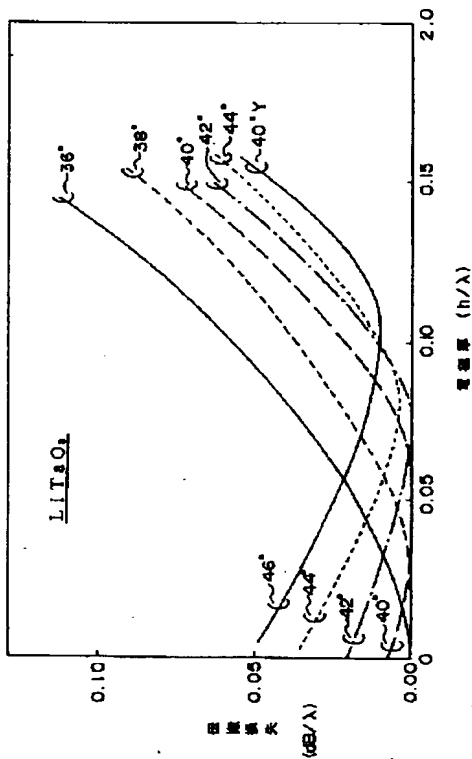
【図11】

図7 (A), (B) に示したフィルタにおける、LiTaO<sub>3</sub> 基板を使った場合の基板カット角と電気基板機械結合係数との間の関係を説明する図



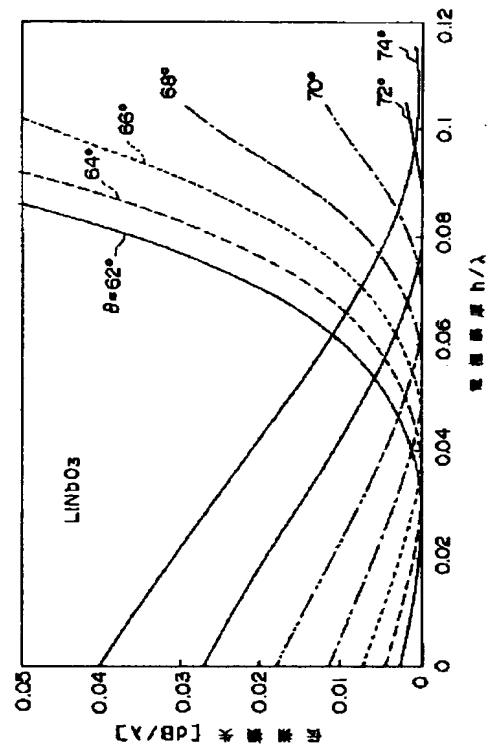
【図12】

図7 (A), (B) に示したフィルタにおいて、 $\text{LiTaO}_3$  基板を使った場合の伝搬損失に対する電極膜厚の効果、様々な基板カット角について示す図



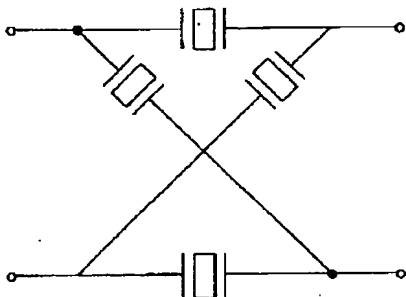
【図13】

図7 (A), (B) に示したフィルタにおいて、 $\text{LiNbO}_3$  基板を使った場合伝搬損失に対する電極膜厚の効果、様々な基板カット角について示す図



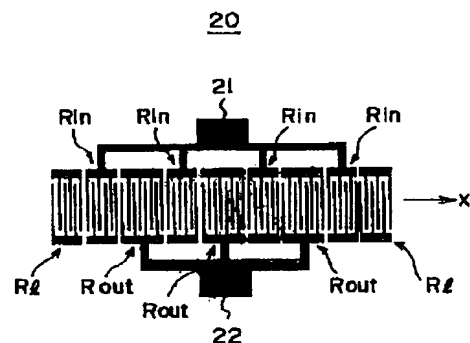
【図15】

図14の一段形例による弾性表面波フィルタの等価回路図



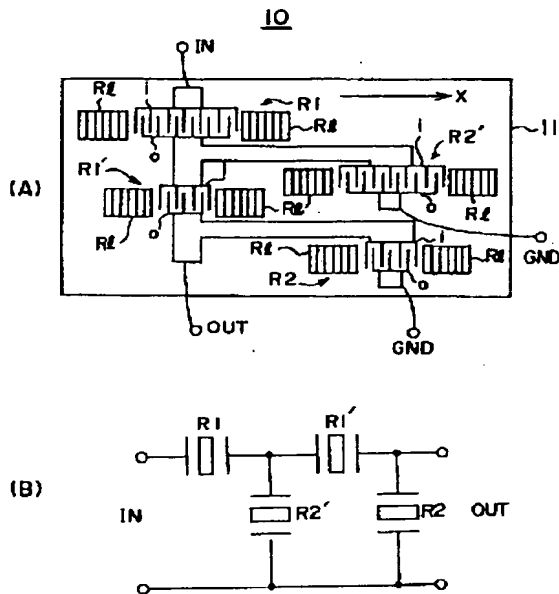
【図16】

本発明の第2実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図



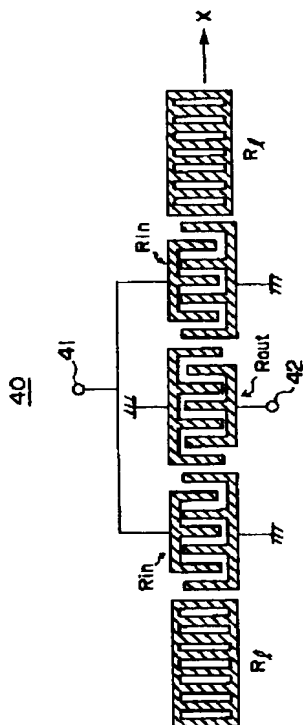
【図14】

(A)、(B)は、それぞれ本発明の第1実施例の一変形例による弾性表面波フィルタの構成を説明する図およびその等価回路図



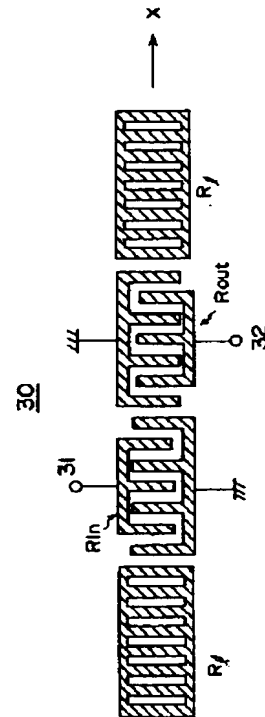
【図18】

本発明の第4実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図



【図17】

本発明の第3実施例による弾性表面波フィルタの構成を示す図



【図19】

本発明の第5実施例による1ポート弾性表面波共振器の構成を示す図

